



**HAL**  
open science

# Effet de la quantification des mesures en navigation magneto-inertielle

Nicolas Petit

► **To cite this version:**

Nicolas Petit. Effet de la quantification des mesures en navigation magneto-inertielle. [Rapport de recherche] Centre Automatique et Systèmes MINES ParisTech. 2015. hal-01220589

**HAL Id: hal-01220589**

**<https://minesparis-psl.hal.science/hal-01220589>**

Submitted on 19 Nov 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Effet de la quantification des mesures en navigation magneto-inertielle

Nicolas Petit  
Centre Automatique et Systèmes  
MINES ParisTech  
PSL Research University

La résolution (nécessairement finie) des capteurs pourrait être une source de problèmes en navigation magneto-inertielle (MINAV, c.f. Dorveaux, E. Navigation magnéto-inertielle : principes et application à un système podométrique indoor, Thèse MINES ParisTech, 2011, [2]). En effet, dans cette configuration, les différences de champ sont nécessairement plus petites en apparence, et l'effet de la résolution risque d'être non négligeable. Des calculs utilisant les intégrales de Bennett [1] permettent d'estimer la variance de l'erreur de quantification. Si on pouvait choisir la résolution du capteur en lui imposant des valeurs (seuils) de quantification non uniformément réparties, alors on pourrait concevoir un quantificateur de Lloyd-Max (c.f. Lloyd, S. P. "Least squares quantization in PCM", IEEE Trans. Inform. Theory, 1982, [3]).

Le calcul classique de l'intégrale de Bennett procède comme suit. Soit  $x$  un signal (discret). On note  $e$  l'erreur de quantification, si bien qu'on dispose dans la suite du calcul de la grandeur  $x + e$  à la place de  $x$  (à une convention de signe près). Dans le cas qui nous intéresse, le filtre de navigation magneto-inertielle forme la grandeur

$$v = \frac{dB/dt}{dB/dx}$$

Les effets de dérivées temporelles et du couplage avec le mouvement ont été étudiés dans la thèse de E. Dorveaux [2]. Les effets de quantification ne l'avait pas été.

On note  $s$  l'estimation de  $dB/dt$ . On pourra se référer à la thèse de E. Dorveaux [2] pour une estimation de l'erreur commise sur cette évaluation. Pour former l'estimation de  $dB/dx$ , on utilise des magnétomètres spatialement distribués. Prenons le cas le plus simple de 2 magnétomètres scalaires utilisés pour trouver une vitesse de translation. Chaque magnétomètre engendre une erreur de quantification. Sans autre hypothèse sur la répartition statistique du signal à numériser, on considère que l'erreur de quantification totale est uniformément distribuée sur  $[-q/2, q/2]$  où  $q$  est le seuil de quantification. La somme des erreurs de quantification suit la même loi (sans autre hypothèse statistique, mais on pourrait chercher à remettre en cause cette vision). On peut alors calculer l'espérance de l'estimation de

---

Travaux réalisés par le Centre Automatique et Systèmes (CAS) commun à ARMINES et MINES ParisTech dans le cadre de la procédure RAPID, projet Lorelei financé par la DGCIS

la vitesse suivant la formule :

$$E(v) = s \int_{-q/2}^{q/2} \frac{1}{x+e} \frac{1}{q} de = \frac{s}{q} \ln \left( \frac{x+q/2}{x-q/2} \right) \\ \approx \frac{s}{x} + \frac{qs}{2x^2}$$

lorsque  $q$  est petit devant  $x$ .

La vraie vitesse est  $s/x$ . L'erreur commise en proportion est  $q/(2x)$ . Elle est donc linéaire en le pas de quantification. Ce n'est pas un facteur négligeable. D'autre part, lorsque la vitesse est faible, l'erreur peut diverger.

## Références

- [1] William Ralph Bennett. Spectra of quantized signals. *Bell System Technical Journal*, 27(3) :446–472, 1948.
- [2] E. Dorveaux. *Magneto-Inertial Navigation. Principles and application to an indoor pedometer*. PhD thesis, MINES ParisTech, 2011.
- [3] Stuart P Lloyd. Least squares quantization in pcm. *Information Theory, IEEE Transactions on*, 28(2) :129–137, 1982.